

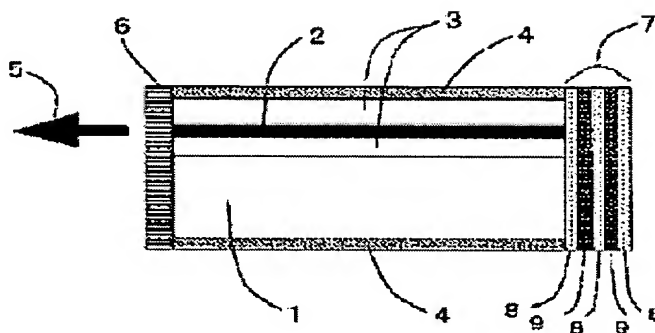
SEMICONDUCTOR LASER DEVICE AND MANUFACTURING METHOD THEREOF

Patent number: JP2001267677
Publication date: 2001-09-28
Inventor: TAKAYAMA TOMOO; KUNITSUGU YASUHIRO; NAKAGAWA YASUYUKI
Applicant: MITSUBISHI ELECTRIC CORP
Classification:
- **international:** H01S5/028
- **european:**
Application number: JP20000075886 20000317
Priority number(s):

Abstract of JP2001267677

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor laser device as well as a manufacturing method for stably supplying it by preventing laser beam from being absorbed into a reflection film of a resonator end surface without degradation in COD.

SOLUTION: An Si film used as a rear surface reflection film of the resonator end surface contains oxygen, with its oxygen concentration being 30-60 atm.%. The Si film is deposited by supplying oxygen gas, or it is deposited by depositing with a material containing oxygen in advance as a vapor-deposition source. Thus, extinction coefficient of the Si film relative to laser beam is decreased, and COD degradation caused by laser beam absorption can be prevented.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-267677

(P2001-267677A)

(43) 公開日 平成13年9月28日 (2001.9.28)

(51) Int. Cl.

H01S 5/028

識別記号

F I

H01S 5/028

テームト (参考)

5 F 0 7 3

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願2000-75886 (P2000-75886)

(22) 出願日 平成12年3月17日 (2000.3.17)

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 高山 智生

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(72) 発明者 岡次 恭宏

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(74) 代理人 100102439

弁理士 宮田 金雄 (外1名)

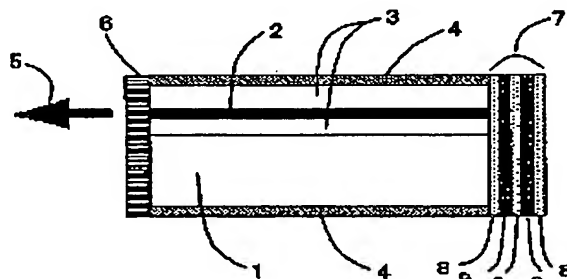
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ装置およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 共振器端面の反射膜へのレーザ光吸収を防止し、COD劣化を起こさない半導体レーザ装置、およびそれを安定に供給できる製造方法を提供する。

【解決手段】 共振器端面の後面反射膜に用いられているSi膜に酸素を含有させており、その酸素濃度が30～60atm%であることを特徴とする。Si膜は酸素ガスを供給しながらSiを成膜、または予め酸素を含有させた材料を蒸着源として成膜することにより形成する。これによりSi膜のレーザ光に対する消衰係数を低減し、レーザ光吸収に起因するCOD劣化を防止することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 一対の共振器端面及びこの共振器端面の少なくとも一方に反射膜を備えている半導体レーザ装置であって、前記反射膜がシリコンと酸素からなり、かつ含有酸素濃度が30～60atm%の酸素含有シリコン膜であることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項2】 シリコンを原材料とし、膜形成時に酸素ガスを供給しながら成膜することにより、シリコンと酸素からなる反射膜を形成して請求項1記載の半導体レーザ装置を得ることを特徴とする半導体レーザ装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は半導体レーザ装置およびその製造方法に関し、特に短波長帯における高出力半導体レーザ装置およびその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 図6は従来の半導体レーザ装置の構成を示す断面図である。MOCVD法(Metal Organic Chemical Vapor Deposition)等の結晶成長方法により、GaAs基板1上にレーザ共振領域となる活性層2、レーザ光及びキャリアを閉じ込める機能を呈するクラッド層3が形成されている。また半導体レーザ装置の表面と裏面には一対の電極4が設けられている。かかる半導体レーザ装置本体はウエハからバツ状に劈開することにより得られ、この一対の劈開端面が半導体レーザ装置の共振器端面となる前端面及び後端面を構成する。

【0003】 レーザ光5が射出される前端面には、端面反射率が4～10%程度になるよう層厚が調整されたAl₂O₃膜やSiO₂膜等の低反射膜6が電子ビーム蒸着法により形成されている。また後端面には、例えば特開平6-85386号公報に開示されているような手法により、Al₂O₃膜8とシリコン(Si)膜10を交互に積層させ端面反射率が60%以上になるような高反射膜7が電子ビーム蒸着法により形成されている。

【0004】 前記低反射膜は前端面からレーザ光を有効に取り出すために用いられる。一方、前記高反射膜は、一般に後端面から射出されたレーザ光は利用されることはないので、後端面からの射出レーザ光を抑制するために用いられる。

【0005】 すなわち、半導体レーザ装置の前端面側に低反射膜、後端面側に高反射膜という構成にするとレーザ光は専ら前端面から射出するので、かかる反射膜が無い場合と比べ低動作電流で高い光出力を得ることができ、半導体レーザ装置の高効率化、長寿命化が図れるようになる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、特に発振波長

700nm以下のいわゆる短波長帯の半導体レーザ装置において、前述のごとく後端面の高反射膜7の構成膜としてSi膜10を用いた場合には、後端面である確率で瞬時光学的損傷(COD: Catastrophic Optical Damage)が発生し、これが歩留りの低下要因となっていた。

【0007】 COD劣化は、後端面反射膜7に用いられているSi膜10にレーザ光が吸収され、端面領域が発熱する結果、端面領域のバンドギャップエネルギーがその温度依存性によって内部領域より小さくなり、さらにレーザ光吸収が増大・発熱するといった悪循環によって、最終的には自己発熱により結晶が融解し、端面破壊に至ることによって生じる。

【0008】 本発明の目的は、端面反射膜に用いられるSi膜へのレーザ光吸収を防止し、COD劣化を起こさない半導体レーザ装置、およびかかる半導体レーザ装置を安定に供給できる製造方法を提供するものである。

【0009】 かかる問題点に鑑み、本発明者らは、鋭意研究を行った結果、前記高反射膜を構成するSi膜として成膜時に酸素ガスを導入することにより得られる酸素含有シリコン膜を用いることにより、前記問題点が解消できる事実を発見した。

【0010】 なお、従来の成膜方法では真空チャンバー内で蒸着源であるSiに電子ビームを照射し、蒸発させることによりSi膜10を形成しており、チャンバー内の残留ガス、蒸着源の脱ガス状態、防着板への膜の付着量、真空ポンプの排気能力等の装置的要因によって成膜中に残留酸素が偶発的にSi膜10に取り込まれる場合もあった。しかし、かかる場合においてもSi膜10中の含有酸素濃度はせいぜい5%以上30atm%未満であり、30atm%以上の高い酸素濃度を含有したSi膜を高反射膜に用いるようなことは従来全く知られていない。

【0011】

【課題を解決するための手段】 本発明にかかる半導体レーザ装置は、一対の共振器端面及びこの共振器端面の少なくとも一方に反射膜を備えている半導体レーザ装置であって、前記反射膜がシリコンと酸素からなり、かつ含有酸素濃度が30～60atm%の酸素含有シリコン膜であることを特徴とする。

【0012】 また、本発明にかかる半導体レーザ装置の製造方法では、含有酸素濃度が30～60atm%になるように真空チャンバー内に酸素ガスを供給しながら成膜することを特徴とする。

【0013】 上記のような半導体レーザ装置では、Si膜へのレーザ光吸収に起因するCOD劣化を防止でき、かつその半導体レーザ装置を安定に供給することが可能となる。

【0014】

【発明の実施の形態】 実施の形態1

図1は本発明の一実施例を示す半導体レーザ装置の断面

構成図である。GaAs基板1、活性層2、クラッド層3、電極4、および前端面の低反射膜6の構成は従来と同じである。後端面に用いられている高反射膜7はAl₂O₃膜8とSi膜9から成る5層の多層反射膜で、Si膜9には酸素が含有されている。

【0015】図2は含有酸素濃度をパラメータとした場合におけるシリコンの消費係数の波長依存性を示したものである。従来の製造方法によって得られる酸素濃度15atm%を含有したSi膜10では図2中の曲線aで示されるように、波長が700nmより短くなると消費係数が増加、すなわち光吸収が起こりやすくなることが判った。

【0016】さらに、シリコンの消費係数はSi膜中の含有酸素濃度に大きく依存しており、図2に示すようにレーザ波長が一定の場合は、含有酸素濃度が40%（図中の曲線b）、50%（図中の曲線c）、60%（図中の曲線d）と増加するに従い消費係数も減少し、光吸収が低減される結果、COD劣化が防止される傾向にあることが判った。

【0017】上記結果から、Si膜中の含有酸素濃度はレーザ光5の発振波長、後端面の端面反射率を考慮して調整する必要があることが見出された。すなわちSi膜中の含有酸素濃度が高い程、消費係数は低下し、COD劣化に対しては効果が大きくなる。

【0018】650nmの半導体レーザ装置において、COD劣化素子と未劣化素子を解析したところ、COD劣化した素子のSi膜には14atm%の含有酸素濃度、COD劣化しなかった素子では30atm%の含有酸素濃度であったことから、含有酸素濃度としては30atm%以上が望ましい。

【0019】一方、含有酸素濃度が高い程、前述したようにCOD防止効果は大きくなるものの、図4に示すように屈折率が低下し、この結果として端面反射率も低下する。屈折率が低くても、Al₂O₃膜8とSi膜9の積層数を増やせば端面反射率を高くすることができるが、端面反射膜の生産性および膜ストレスを考慮すると7層以下が望ましい。図5はAl₂O₃膜8とSi膜9を7層コーティングした場合の端面反射率のシミュレーション結果であるが、80%以上の高端面反射率を実現するには屈折率として2.18以上必要であり、図4から含有酸素濃度の上限値としては60atm%となる。

【0020】上述の結果からSi膜9中の含有酸素濃度は30～60atm%の範囲が望ましい。例えば、波長650nmの半導体レーザ装置においては、30～40atm%程度の含有酸素濃度でレーザ光吸収を十分に抑えられ、かつ7層で90%の端面反射率を実現できる。

【0021】なお、本発明におけるSi膜中の含有酸素濃度は、オージェ電子分光法により、シリコンと酸素のピーク強度の比から含有酸素濃度を算定した値である。かかる方法では、標準サンプルとしてSiO₂を用い、これ

を基準に測定サンプルの強度比を含有酸素濃度に換算した。

【0022】以上のように、適当な含有酸素濃度のSi膜9を後端面反射膜7として用いることにより、従来の動作特性を損なうことなくレーザ光吸収を抑制し、COD劣化を防止することができる。

【0023】実施の形態2

以下に本発明による特徴的な製造方法の部分に限定して説明する。なお、活性層2、クラッド層3、電極4等が形成されたウエハをバー状に劈開する工程までは、通常の半導体レーザ装置の製造方法と同一であるので省略する。

【0024】まず、後端面に端面反射膜7を形成するため、劈開されたバー状の半導体レーザ装置を電子ビーム蒸着装置の真空チャンバー内に設置する。真空ポンプにより1～2×10⁻⁶Torr程度まで真空排気を行い、蒸着源のAl₂O₃に電子ビームを照射して、第1層目であるAl₂O₃膜8を成膜する。

【0025】次に第2層目のSi膜9を成膜するため蒸着源をSiに変え、Al₂O₃膜8の成膜により一時的に低下した真空度が1～2×10⁻⁶Torr程度に回復するまで待ち、その後、真空チャンバー内に酸素ガスを0.4SCCM程度供給する。この状態で電子ビームをSiに照射して、0.1nm/sec程度の速度で成膜する。このとき、供給された酸素ガスの一部はSi膜中に取り込まれ、約40atm%の酸素を含有するSi膜9が形成される。Si膜9の成膜終了後、酸素ガスの供給を停止し、第3層目のAl₂O₃膜8を成膜するため、蒸着源をAl₂O₃に変える。以下、同様の作業を繰り返し、Al₂O₃膜8とSi膜9を交互に7層成膜する。

【0026】なお、図3に示すように酸素ガスの供給量を調整すれば、Si膜9中の含有酸素濃度を容易に変えることができるので、レーザの発振波長、要求される端面反射膜7の端面反射率に応じて供給する酸素流量を決めればよい。

【0027】また、図3に示すように酸素ガスを供給しない従来の手法ではSi膜中の含有酸素濃度は5atm%以上30atm%未満の広い範囲でしかもバッチ毎に大幅に変動していたが、酸素ガスを供給することにより従来では達成できなかった30～60atm%の高酸素濃度を極めて安定に成膜できるようになった。

【0028】上記のようにSi膜の成膜中に酸素ガスを供給することによって、30～60atm%の含有酸素濃度のSi膜9を安定に形成することが可能となり、COD劣化による歩留り低下を防止できる。

【0029】実施の形態3

上記実施例2では酸素ガスを供給しながらSi膜9を成膜する方法について述べたが、蒸着源にあらかじめ酸素を含有させたSiを用いても、Si膜9中に酸素を取り込ませることは可能である。この場合、Si膜9中の含

10

20

30

40

50

有酸素濃度は蒸着源の含有酸素濃度を調整することで制御できる。

【0030】また、上記実施例2および3では電子ビーム蒸着法における酸素供給について述べたが、スパッタリング等他の成膜方法においても、同様の方法で酸素供給が可能である。

【0031】実施例1～3では、後端面の高反射膜7を構成するSi膜以外の膜の一例として Al_2O_3 膜8を挙げたが、他の誘電体膜、例えば SiO_2 膜でも同様の効果を奏することは言うまでもない。

【0032】また実施例1～3では、後端面の高反射膜7を構成するSi膜について説明したが、前端面6の反射膜を構成するSi膜でも同様の効果を奏することは言うまでもない。

【0033】
【発明の効果】以上のように本発明によれば、一対の共振器端面及びこの共振器端面の少なくとも一方に反射膜を備えている半導体レーザ装置であって、前記反射膜がシリコンと酸素からなり、かつ含有酸素濃度が30～60atm%の酸素含有シリコン膜であることとしたので、Si膜へのレーザ光吸収に起因するCOD劣化を防止できる。

【0034】また、シリコンを材料とし、成膜チャンバ一内に酸素ガスを供給しながら成膜することにより、前*

*記シリコンと前記酸素から成る膜を形成する方法により上述の半導体レーザ装置を製造することとしたので、歩留りを向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態1を示す半導体レーザ装置の断面図である。

【図2】 Siにおける消衰係数の波長依存性を示すグラフである。

【図3】 電子ビーム蒸着法における酸素ガスの供給量とSi膜中の含有酸素濃度との関係を示すグラフである。

【図4】 波長650nmの場合の屈折率とSi膜中の含有酸素濃度の関係を示すグラフである。

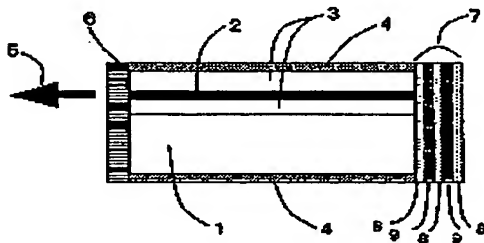
【図5】 Al_2O_3 膜とSi膜を交互に7層コーティングした場合の端面反射率のシミュレーション結果である。

【図6】 従来の半導体レーザ装置における共振器方向の断面図である。

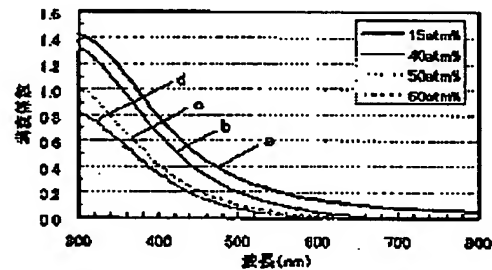
【符号の説明】

- 10 1 GsAs基板、 2 活性層、 3 クラッド層、
4 電極、 5 レーザ光、 6 低反射膜、 7
高反射膜、 8 Al_2O_3 膜、 9 本発明のSi膜、
10 従来のSi膜

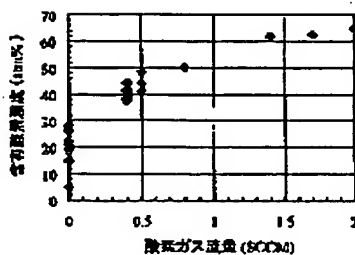
【図1】



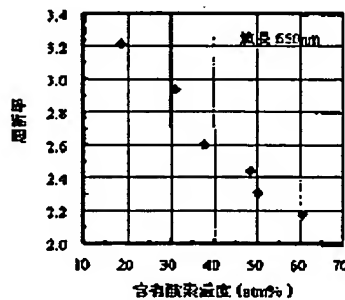
【図2】



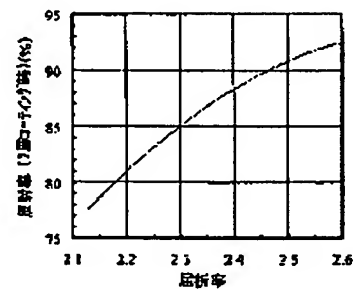
【図3】



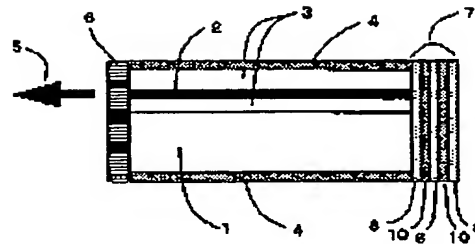
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 中川 辰幸
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三
菱電機株式会社内

Fターム(参考) 5F073 AA83 CB20 DA33 EA28

